

Beschreibung

Verfahren zur Ätzung eines Substrates

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Bei der Herstellung von Halbleiterbauelementen, z.B. DRAM-Speicherchips, stellt sich die Aufgabe, sehr feine Strukturen 10 in ein Substrat, wie z.B. einen Siliziumwafer einzubringen. Dazu werden u.a. Ätztechniken verwendet, bei denen Schichten des Substrates ganzflächig entfernt oder lithographisch erzeugte Maskenmuster in die darunterliegende Schicht 15 übertragen werden.

15 Eine dabei häufig verwendete Technik ist das Nassätzen, bei dem das vom Substrat abgetragene Material in eine lösliche Verbindung überführt wird. Als Ätzmittel wird für Siliziumwafer häufig verdünnte Flusssäure (HF) verwendet. Das 20 Nassätzen wird entweder mittels Sprühätzung oder mittels Tauchätzung durchgeführt, wobei die Substrate komplexe Schrittfolgen von Ätzen, Spülen und Trocknen durchlaufen.

Bei der Herstellung von DRAM-Speicherchips ist es bekannt, 25 Siliziumwafer in einem Tank einer Reihe von Prozessschritten zu unterziehen, um Strukturen mit hohen Aspektverhältnissen (Verhältnis von Tiefe bzw. Höhe der Struktur zu Breite der Struktur) herzustellen. Bei den sogenannten Deep Trenches für die DRAMs sind z.B. Aspektverhältnisse von 50 und größer 30 möglich. Nasschemische Prozesssequenzen, die auf solche Aspektverhältnisse einwirken, werden in bekannter Weise in einem sogenannten Point of use Tank, in dem Siliziumwafer hintereinander einem ersten Ätzschritt mit verdünnter Flusssäure, einem ersten Spülschritt, einem zweiten Ätzschritt mit NH_4OH und einem zweiten Spülschritt unterzogen 35 werden. Anschließend werden die Siliziumwafer getrocknet.

Der erste Ätzschritt dient dabei dem Abtragen einer nativen Oxidschicht auf der Siliziumwaferoberfläche. Der zweite Ätzschritt der Strukturvergrößerung (Aufweitung, Herstellung einer Bottle-Struktur).

5

Will man diese Prozessschritte aber auf ein Bench Tool übertragen, bei dem die Prozessschritte sequentiell in verschiedenen Tanks ausgeführt werden, so ergibt sich ein Problem aufgrund des notwendigen Transports der Siliziumwafer 10 zwischen den Tanks. Nach dem ersten Ätzschritt mit der verdünnten Flusssäure ist die Oberfläche des Siliziumwafers hydrophob, so dass nach dem ersten Spülschritt die NH₄OH Lösung keinen ausreichenden Kontakt mit der Siliziumoberfläche bekommt, so dass das Ätzergebnis des 15 zweiten Ätzschrittes unzureichend ist.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zu schaffen, mit dem diese Probleme vermieden werden.

20

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Dabei werden folgende Schritte durchlaufen:

25

- a) Mindestens ein Substrat wird für einen ersten Ätzschritt für eine vorbestimmte Zeit in einen ersten Behälter mit einem ersten Ätzmittel angeordnet, anschließend
- 30 b) wird mindestens ein Substrat für einen ersten Spülschritt für eine vorbestimmte Zeit in einen zweiten Behälter mit einem ersten Spülmittel angeordnet, wobei das erste Spülmittel mindestens ein Netzmittel aufweist und anschließend
- 35 c) mindestens ein Substrat für einen zweiten Ätzschritt für eine vorbestimmte Zeit in eine dritten Behälter mit einem

zweiten Ätzmittel angeordnet wird.

Durch die Verwendung des Netzmittels im ersten Spülschritt wird erreicht, dass die nachfolgende zweite Ätzung besser 5 ausgeführt werden kann.

Anschließend ist es vorteilhaft, wenn mindestens ein Substrat nach dem zweiten Ätzschnitt einem zweiten Spülschritt mit einem zweiten Spülmittel in einem vierten Behälter unterzogen 10 wird. Vorteilhafterweise wird mindestens ein Substrat nach dem zweiten Spülschritt einem Trocknungsschritt unterzogen.

Mit Vorteil weist das erste Ätzmittel einen Anteil an Flusssäure auf. Auch ist es vorteilhaft, wenn das zweite 15 Ätzmittel einen Anteil an Ammoniakhydrooxid (NH_4OH) aufweist. Bei einer besonders vorteilhaften Ausführungsform weist das erste Spülmittel das Netzmittel mit einer Konzentration im Bereich von 0,01 bis 0,1 Gew.-% auf.

20 Vorteilhafterweise wird im zweiten Ätzschnitt mindestens eine Struktur mit einem Aspektverhältnis im Bereich von 10 bis 80 zur Strukturvergrößerung angeboten. Dabei ist es besonders vorteilhaft, wenn die Struktur eine Deep Trench Struktur für 25 eine DRAM-Speicherzelle ist. Die Oberflächenbehandlung von Strukturen mit großem Aspektverhältnis ist besonders wichtig, da die langen, schmalen Räume für das Ätzmittel u.U. schwierig zu erreichen sind.

Die Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die 30 Figuren der Zeichnungen an mehreren Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1A, B Durchzeichnungen von Schnittansichten eines 35 Substrates, das mit bekannter Prozessfolge in einem Point of use tank (Fig. 1A) und in einem Bench tool (Fig. 1B) behandelt wurde;

Fig. 2 Ablaufschema einer Ausführungsform des Erfindungsgemäßen Prozesses;

Fig. 3A,B,C,D 5 schematische Darstellung der Wirkung einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Prozesses;

In Fig. 1A, 1B wird dargestellt, welches Ergebnis die identische Abfolge von Prozessschritten beim Ätzen eines 10 Siliziumwafers als Substrat 10 hat, einmal bei einem Point of Use Tank Verfahren (Fig. 1A), einmal bei einem Bench Tool Verfahren (Fig. 1B). In beiden Fällen wird kein Netzmittel zugesetzt.

15 Die Verfahrensschritte sind hier: erster Ätzschritt mit verdünnter Flusssäure, erster Spülschritt, zweiter Ätzschritt mit NH₄OH, zweiter Spülschritt und Trocknungsschritt. Die Schnittansichten zeigen das Ätzergebnis nach dem 20 Trocknungsschritt.

In Fig. 1A sind sehr regelmäßige Strukturen 11 (hier Bottle-Trenches) mit einer Tiefe von 6,09 µm zu erkennen. Das Aspektverhältnis beträgt hier ca. 44. Die gleiche Folge von Prozessschritten bei gleichen Bedingungen unter Verwendung 25 eines Bench Tools ergibt ein unbrauchbares Ergebnis, wie man anhand von Fig. 1B erkennen kann. Die im zweiten Ätzschritt erzeugten Strukturen 11 sind unregelmäßig. Der Grund liegt darin, dass nach dem ersten Ätzschritt mit Flusssäure die Oberfläche des Siliziumwafers 10 hydrophob ist, so dass das 30 NH₄OH im zweiten Ätzschritt die Oberfläche nicht richtig in die tiefen Strukturen eindringen kann, was zu der schlechten Ätzqualität führt.

35 Diese Problem wird durch eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens gelöst, die in Fig. 2 dargestellt ist. Der erste Prozessschritt ist ein Ätzschritt

1 mit verdünnter Flusssäure zur Entfernung der Oxidschicht auf einem Siliziumwafer 10.

Der zweite Prozessschritt ist ein erster Spülschritt 2, wobei 5 dem ersten Spülmittel ein Netzmittel (Surfactant; z.B. das Netzmittel Easywet) zugegeben wird, das bewirkt, dass im nachfolgenden zweiten Ätzschritt 3 das NH₄OH besser in die tiefen Strukturen eindringen kann. Das Netzmittel wird hier 10 also nicht zum Reinigen von Oberflächen verwendet, sondern als Hilfsmittel zum Ätzen von Strukturen.

Anschließend wird ein zweiter Spülschritt 4 durchgeführt und anschließend ein Trocknungsschritt 5. Der so geätzte Siliziumwafer 10 kann dann weiter verarbeitet werden.

15 Wichtig ist, dass das Netzmittel hier nicht dem Reinigen der Oberfläche dient, sondern Teil eines Ätzprozesses ist.

20 In Fig. 3A, B, C, D ist die Wirkung einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens dargestellt.

Nach dem ersten Ätzschritt 1 ist die Oberfläche des Siliziumwafers 10 hydrophob (Fig. 3A), so dass eine wässrige Lösung nicht in Strukturen eindringen kann. Dies ist durch 25 den Tropfen auf dem Siliziumwafer symbolisiert. Durch den ersten Spülschritt 2, bei dem erfindungsgemäß dem ersten Spülmittel 12 ein Netzmittel zugesetzt wird, wird die Oberflächenspannung einer wässrigen Lösung herabgesetzt (Fig. 3B), so dass im zweiten Ätzschritt NH₄OH besser in die 30 Strukturen 11 eindringen kann (Fig. 3C).

35 In Fig. 3D ist das reale Ätzergebnis anhand eines Details eines Grabens dargestellt. Im Vergleich zu Fig. 1B ist deutlich, dass hier eine anisotrope Ätzung erreicht wurde.

35 Auch wenn das Verfahren hier im Zusammenhang mit Grabenstrukturen beschrieben wird, so lässt es sich auch auf

6

Strukturen anwenden, die von der Oberfläche des Siliziumwafers abstehen (z.B. ridges).

Die Erfindung beschränkt sich in ihrer Ausführung nicht auf 5 die vorstehend angegebenen bevorzugten Ausführungsbeispiele. Vielmehr ist eine Anzahl von Varianten denkbar, die von dem erfindungsgemäßen Verfahren auch bei grundsätzlich anders gearteten Ausführungen Gebrauch machen.

Bezugszeichenliste

- 1 erster Ätzschritt
- 2 erster Spülschritt mit Netzmittel
- 5 3 zweiter Ätzschritt
- 4 zweiter Spülschritt
- 5 Trocknungsschritt

- 10 Substrat
- 10 11 Struktur im Substrat

Patentansprüche

1. Verfahren zur Ätzung mindestens eines Substrates (10),
5 insbesondere mindestens eines Siliziumwafers zur Herstellung von DRAM-Speicherchips, bei dem
 - a) mindestens ein Substrat (10) für einen ersten Ätzschritt (1) für eine vorbestimmte Zeit in einen ersten Behälter mit 10 einem ersten Ätzmittel angeordnet wird, anschließend
 - b) mindestens ein Substrat (10) für einen ersten Spülschritt (2) für eine vorbestimmte Zeit in einen zweiten Behälter mit einem ersten Spülmittel angeordnet wird, wobei das erste 15 Spülmittel mindestens ein Netzmittel aufweist und anschließend
 - c) mindestens ein Substrat (10) für einen zweiten Ätzschritt (3) für eine vorbestimmte Zeit in einen dritten Behälter mit 20 einem zweiten Ätzmittel angeordnet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass für mindestens ein Substrat (10) nach dem zweiten Ätzschritt (3) ein zweiter Spülschritt mit 25 einem zweiten Spülmittel in einem vierten Behälter erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass für mindestens ein Substrat (10) nach dem zweiten Spülschritt (3) ein Trocknungsschritt (5) 30 erfolgt.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Ätzmittel einen Anteil an Flusssäure aufweist.
35
5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Ätzmittel einen Anteil

an Ammoniakwasser (NH₄OH) aufweist.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Spülmittel das 5 Netzmittel mit einer Konzentration im Bereich von 0,01 bis 0,1 Gew.-% enthält.

7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass im zweiten Ätzschritt (3) 10 mindestens eine Struktur (11) mit einem Aspektverhältnis im Bereich von 10 bis 50 in das Substrat (10) eingebracht wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Struktur (11) mindestens eine 15 Deep Trench Struktur für eine DRAM-Speicherzelle ist.

10

Zusammenfassung

Verfahren zur Ätzung eines Substrates

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ätzung mindestens eines Substrates (10), insbesondere mindestens eines Siliziumwafers zur Herstellung von DRAM-Speicherchips, bei dem

10 a) mindestens ein Substrat (10) für einen ersten Ätzschritt (1) für eine vorbestimmte Zeit in einen ersten Behälter mit einem ersten Ätzmittel angeordnet wird, anschließend

b) mindestens ein Substrat (10) für einen ersten Spülschritt (2) für eine vorbestimmte Zeit in einen zweiten Behälter mit einem ersten Spülmittel angeordnet wird, wobei das erste

15 Spülmittel mindestens ein Netzmittel aufweist und anschließend

c) mindestens ein Substrat (10) für einen zweiten Ätzschritt (3) für eine vorbestimmte Zeit in eine dritten Behälter mit einem zweiten Ätzmittel angeordnet wird.

20

Fig. 3